

Magnetoelastic strain gauge

Patent Number: DE4309413
Publication date: 1994-09-22
Inventor(s): KABELITZ HOLGER (DE); KIESEWETTER LOTHAR DR ING (DE)
Applicant(s): KIESEWETTER LOTHAR DR ING (DE)
Requested Patent: ☐ DE4309413
Application Number: DE19934309413 19930319
Priority Number(s): DE19934309413 19930319
IPC Classification: G01B7/24; G01L3/10
EC Classification: G01B7/24, G01L1/12
Equivalents:

Abstract

For magnetoelastic pickups (measuring sensors), amorphous ferromagnetic material is added to the surface of a shaping element. Positional deviations of the shaping element relative to the sensor coils give rise in this case to measurement errors. The sensitivity of such measuring arrangements is also not optimal, since the coils are not permeated exclusively by magnetic flux of the sensitive amorphous material. In the differential arrangement, most often applied in metrology, having two symmetrical sensors, it is difficult to achieve the required symmetry because both the round coils and the amorphous material have tolerances which arise during manufacture. The novel magnetoelastic strain gauge prevents positional deviations between the measuring strips (1) and coils (2) due to the fact that it is applied on the surface of the shaping element together with the coils (20, which are produced on a thin backing foil (3) by lithographic and etching techniques. The sensitivity of the amorphous material is utilised in an optimum fashion, since the coupling of the coils is performed virtually exclusively via the sensitive material. Symmetry of good quality is provided by the "printed" coils and by the possibility of measuring at a plurality of measurement locations with a single strain gauge. The novel magnetoelastic strain gauge makes available the means of measurement which renders technically applicable for ... high sensitivity of amorphous metals, which is extremely high by

comparison with resistance strain gauges ... Original abstract incomplete. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 43 09 413 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
G 01 B 7/24
G 01 L 3/10

②1 Aktenzeichen: P 43 09 413.9
②2 Anmeldetag: 19. 3. 93
④3 Offenlegungstag: 22. 9. 94

DE 43 09 413 A 1

⑦1 Anmelder:
Kiesewetter, Lothar, Dr.-Ing., 1000 Berlin, DE

⑦2 Erfinder:
Kabelitz, Holger, 1000 Berlin, DE; Kiesewetter,
Lothar, Dr.-Ing., 1000 Berlin, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Magnetoelastischer Dehnungsmeßstreifen

⑤7 Für magnetoelastische Meßwertgeber wird amorphes ferromagnetisches Material auf die Oberfläche eines Verformungskörpers gefügt. Lageabweichungen des Verformungskörpers zu den Sensoren rufen dabei Meßfehler hervor. Auch die Empfindlichkeit solcher Meßanordnungen ist nicht optimal, da die Spulen nicht ausschließlich von magnetischem Fluß des sensitiven amorphen Materials durchsetzt werden.

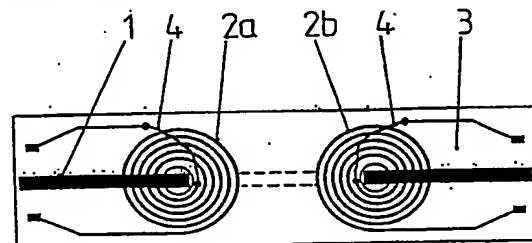
In der meßtechnisch meist angewandten Differentialanordnung mit zwei symmetrischen Meßgebern kann die geforderte Symmetrie schwer erzielt werden, da sowohl die gewickelten Spulen, als auch das amorphe Material herstellbedingte Toleranzen aufweisen.

Der neue magnetoelastische Dehnungsmeßstreifen verhindert Lageabweichungen zwischen Meßstreifen (1) und Spulen (2), indem er zusammen mit den Spulen (2), die auf einer dünnen Trägerfolie (3) durch Lithographie- und Ätztechnik hergestellt werden, auf der Oberfläche des Verformungskörpers appliziert wird. Die Empfindlichkeit des amorphen Materials wird optimal ausgenutzt, da die Kopplung der Spulen nahezu ausschließlich über das sensitive Material erfolgt.

Gute Symmetrie ist gegeben durch die "gedruckten" Spulen und durch die Möglichkeit, mehrere Meßsorte mit einem einzigen Meßstreifen zu erfassen.

Mit dem neuen magnetoelastischen Dehnungsmeßstreifen wird ein Meßmittel zur Verfügung gestellt, das die im Vergleich zu Widerstands-Dehnungsmeßstreifen extrem ho-

he Empfindlichkeit amorpher Metalle technisch anwendbar macht für den ...



DE 43 09 413 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 07. 94 408 038/492

6/34

Die Erfindung betrifft ein magnetoelastisch wirkendes Meßelement gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, mit dem Dehnungen auf Bauteiloberflächen meßtechnisch erfaßt werden können.

Magnetoelastische Materialien haben die Eigenschaft, ihre magnetische Suszeptibilität unter dem Einfluß mechanischer Dehnung zu ändern (Villary-Effekt). Bei magnetostriktiven amorphen Metallen ist dieser Effekt besonders ausgeprägt.

Zur Messung von Dehnungen auf Bauteiloberflächen werden amorphe Metallstreifen auf der Oberfläche eines Verformungskörpers appliziert. Um die Änderung der Suszeptibilität zu erfassen, werden Spulen angeordnet, die mit dem amorphen Metallstreifen elektromagnetisch gekoppelt sind. Beispielsweise ist aus der DE OS 36 29 610 A1 die Messung von Dehnungen auf der Oberfläche einer drehenden Welle mit amorphen Metallfolien zur Bestimmung des Drehmomentes bekannt. Bei der dort vorgeschlagenen transformatorischen Kopplung von ein oder zwei Primärspulen mit zwei nach dem Differentialprinzip verschalteten Sekundärspulen sollen durch die Art der Spulenanordnung und durch spezielle Breitenverhältnisse zwischen Spulen und Meßstreifen Störungen des Ausgangssignals unterdrückt werden, die von Lageabweichungen der Wellenachse hervorgerufen werden. Dieses wird für Wellenverschiebungen in Richtung der Wellenachse und insbesondere für Wellenverschiebungen quer zur Wellenachse nur dann weitgehend erreicht, wenn die Lageabweichungen hinreichend klein sind.

Weiterhin kommt es bei der dort vorgesehenen Verwendung von je einem amorphen Meßstreifen pro Meßstelle innerhalb der Differentialanordnung aufgrund der häufig anzutreffenden Dickentoleranzen derartiger Meßstreifen zu einer unsymmetrischen Meßanordnung. Dies erfordert schaltungstechnische Maßnahmen zum Abgleich der Offsetspannung und vermindert die Kompensationswirkung der Differentialanordnung bezüglich symmetrischer Störeinflüsse. Insbesondere durch das Einbringen ungleicher mechanischer Vorspannungen in die zwei Meßstreifen während des Fügens der Meßstreifen auf die Meßstellen kann keine vollständige Symmetrie bezüglich der beiden Ausgangssignale der Differentialanordnung erreicht werden. Durch Justagefehler der Spulen zueinander, Justagefehler der Spulen zu den Meßstreifen und durch ungleiche Spulen selbst, was bei der Wickeltechnik stets gegeben ist, werden zusätzliche Fehler verursacht.

Ein weiteres Problem wird darin gesehen, daß mit größeren Wellendurchmessern die Empfindlichkeit abnimmt. Dies liegt an der mit größeren Wellen- bzw. Spulendurchmessern zunehmenden direkten transformatorischen Kopplung zwischen Primär- und Sekundärkreis über die Querschnittsflächen der Spulen. Diese unerwünschte Kopplung bleibt auch unter dem Einfluß mechanischer Dehnung konstant. Die elektromagnetisch koppelnde Querschnittsfläche der sensitiven Meßstreifen ist durch die herstellbedingte maximale Dicke amorpher Folien von ca. 50 Mikrometern begrenzt. Da die im Sekundärkreis induzierte elektrische Spannung mit zunehmenden Spulendurchmessern dadurch einen größeren unveränderlichen Anteil enthält im Verhältnis zum variierenden Anteil infolge mechanischer Dehnung der sensitiven Meßstreifen, sinkt die Empfindlichkeit des Meßsystems.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein universelles magne-

toelastisches Meßmittel zur Erfassung von Dehnungen auf Bauteiloberflächen anzugeben, das keine Lageänderungen zwischen Spulen und amorphem Meßstreifen zuläßt. Dies wird dadurch erreicht, daß die Spulen zusammen mit dem magnetoelastischen Meßstreifen direkt auf der Bauteiloberfläche appliziert werden. Die hohe Empfindlichkeit magnetoelastischer amorpher Materialien wird hierdurch in Anlehnung an die unempfindlichere Technik des Messens mit Widerstands-Dehnungsmeßstreifen für den Einsatz in Kraft-, Drehmoment- und Beschleunigungsaufnehmern nutzbar gemacht.

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 aufgeführten Merkmale gelöst. Es ist mindestens eine Spiralspule erforderlich, die durch Lithographie- und Ätztechnik auf einem folienartig dünnen Trägermaterial hergestellt wird. Diese Spiralspule weist einen von Null verschiedenen Innenradius auf. Innerhalb der Fläche, die von der innersten Windung umschlossen wird, ist ein Durchgangsloch in der Trägerfolie vorgesehen. Der magnetoelastische Meßstreifen wird durch diese Öffnung im Zentrum der Spiralspule durchgeführt und s-förmig flach auf den beiden Oberflächen des Trägermaterials fixiert. Dieses Fixieren kann beispielsweise mit Klebstoff oder mit dem Isolationslack erfolgen, der auf die Spiralspule aufgetragen wird, um elektrischen Kurzschluß der Windungen durch den elektrisch leitenden Meßstreifen zu verhindern. Dieser Verbund aus Sensorspule und amorphem Meßstreifen ist zum Messen von Dehnungen auf Bauteiloberflächen geeignet, wenn er auf dieser befestigt wird. Dies geschieht beispielsweise mit Klebstoffen, die auch für das Messen mit handelsüblichen Widerstands-Dehnungsmeßstreifen verwendet werden. Die Änderung der Suszeptibilität des Meßstreifen bedingt eine Änderung der Selbstinduktion der Spule, die meßtechnisch erfaßt wird. Dies wird beispielsweise durch Impedanzmessung mit Brückenschaltungen oder durch Frequenzmessung realisiert, wenn die Spule als frequenzbestimmendes Glied in einer Oszillatorschaltung verschaltet ist. Lageänderungen zwischen Sensorspule und amorphem Meßstreifen sind durch das gemeinsame Applizieren von Sensorspule und Meßstreifen auf der Bauteiloberfläche ausgeschlossen.

Weitere Vorteile sind durch die im Folgenden beschriebenen Ausgestaltungen der Erfindung gegeben, die auf dem Prinzip transformatorisch gekoppelter Spiralspulen basieren. Im einfachsten Fall befinden sich auf dem folienartigen Trägermaterial zwei Spiralspulen, die einen von Null verschiedenen Innenradius aufweisen. Der amorphe Meßstreifen wird durch die Zentren der beiden Spiralspulen geflochten. Die elektromagnetische Kopplung der beiden Spiralspulen wird dann durch die Dehnung des Meßstreifens zwischen den beiden Spulen beeinflusst.

Es wird darauf hingewiesen, daß die elektromagnetische Kopplung von Meßstreifen und Spiralspule auch dann gegeben ist, wenn der Meßstreifen im Zentrum der Spiralspule endet.

Die Vorteile der im Patentanspruch 2 angegebenen Ausgestaltung liegen jener gegenüber: in der besseren elektromagnetischen Kopplung von Meßstreifen und Spiralspule, in dem größeren Verhältnis von Länge zu Querschnittsfläche des Meßstreifens und der dadurch höheren Empfindlichkeit des Meßsystems, und in der Schaffung von Zusammenhalt von Trägerfolie und Meßstreifen durch das Verflechten beider, wenn mehrere Spulen verwendet werden.

Die elektronische Auswertung der induzierten Span-

nung an der Sekundärspule (2b) geschieht vorteilhaft mit dem Trägerfrequenz-Meßverfahren.

Die Erfindung wird im Folgenden an Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 einen magnetoelastischen Dehnungsmeßstreifen für eine Meßstelle mit transformatorischer Kopplung mit einlagiger Ausführung der Spiralspulen.

Fig. 2 einen magnetoelastischen Dehnungsmeßstreifen wie in Fig. 1 im Querschnitt, der auf einem Verformungskörper appliziert ist.

Fig. 3 einen magnetoelastischen Dehnungsmeßstreifen für zwei nach dem Differentialprinzip wirksame Meßstellen mit transformatorischer Kopplung mit einlagiger Ausführung der Spiralspulen.

Fig. 4 die elektrische Verschaltung der Spiralspulen des magnetoelastischen Dehnungsmeßstreifens in Fig. 3 für zwei nach dem Differentialprinzip wirksame Meßstellen.

Fig. 1 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform durch die Verwendung zweier transformatorisch gekoppelter Spiralspulen. Hierzu ist der magnetoelastische Meßstreifen (1) durch die Trägerfolie (3) mit den Spiralspulen (2) geflochten. Die transformatorische Kopplung von Primärspule (2a) und Sekundärspule (2b) erfolgt nahezu ausschließlich über den magnetoelastischen Meßstreifen (1), da die Spulen nicht coaxial, sondern lateral versetzt angeordnet sind. Die induzierte Spannung der Sekundärspule (2b) wird somit ausschließlich durch Änderungen des magnetischen Flusses im dehnungsempfindlichen Meßstreifen (1) bestimmt.

Ein Vorteil dieser Spulenordnung besteht darin, daß die Empfindlichkeit bei transformatorischer Kopplung nicht durch elektromagnetische Kopplung der Spulen selbst beeinträchtigt wird. Der Verbindungsdraht (4), der eine elektrische Verbindung zum inneren Ende der Spiralspule (2a) bzw. (2b) herstellt, ist nur bei einlagig ausgeführten Spiralspulen erforderlich. Er kann bei zweilagig ausgeführten Spiralspulen gemäß Patentanspruch 8 bis 10 entfallen, wenn z. B. die obere Lage die Windungen von außen nach innen und die untere Lage die Windungen von innen nach außen führt. Die beiden Lagen werden vorteilhaft beidseitig des Trägermaterials gefertigt, wobei im Zentrum der Spiralspule eine Durchkontaktierung vorzusehen ist. Dies wird, wie aus der Leiterplattentechnik bekannt, mittels galvanisch aufgebracht Schichten realisiert.

Eine weitere Möglichkeit zur Kontaktierung des inneren Endes von einlagig ausgeführten Spiralspulen besteht gemäß Patentanspruch 11 in der Verwendung des amorphen Meßstreifens als elektrischen Anschluß. Der Meßstreifen wird dann beispielsweise durch Ultraschall-Bonden mit dem inneren Ende der Spiralspulen gefügt. Dieser Fügeprozeß ist, ebenso wie das Ultraschall-Drahtbonden oder das Weichlöten durch die Isolationschicht (5) hindurch realisierbar.

Zur Kontaktierung des magnetoelastischen Dehnungsmeßstreifens mit der Auswertelektronik werden des weiteren Leiterbahnen auf dem Trägermaterial vorgesehen, die zu Lötstützpunkten am Rand des Trägermaterials führen.

Fig. 2 zeigt im Querschnitt einen magnetoelastischen Dehnungsmeßstreifen, der auf die Oberfläche eines Verformungskörpers (7) geklebt ist. Der magnetoelastische Dehnungsmeßstreifen ist so angeordnet, daß die im Verformungskörper (7) vorgesehene Meßstelle geringen Querschnitts zwischen den beiden Spiralspulen (2) liegt.

Damit die Windungen der Spiralspulen (2) durch den

flach aufliegenden Meßstreifen (1) nicht kurzgeschlossen werden, sind die Spiralspulen mit einer Isolationschicht (5) versehen.

Der Meßstreifen (1) ist dem Richtungssinn nach dergestalt durch das Trägermaterial (3) geflochten, daß der Meßstreifen (1) direkt, d. h. ohne dazwischenliegendes Trägermaterial auf der Oberfläche des Verformungskörpers (7) appliziert werden kann. Dies bedeutet, daß nur die Klebstoffschicht (6) die Dehnungen der Oberfläche des Verformungskörpers übertragen muß. Das Trägermaterial (3) muß keine Dehnungen auf den Meßstreifen (1) übertragen. Dadurch werden hier im Gegensatz zur Widerstands-Dehnungsmeßstreifentechnik die Hysterese- und Kriecherscheinungen vermieden, die von dem Trägermaterial (3) verursacht werden.

Der Zusammenhalt eines solchen magnetoelastischen Dehnungsmeßstreifens ist durch das Verflechten von Trägerfolie (3) und Meßstreifen (1) schon gegeben. Trägerfolie (3) und Meßstreifen (1) können aber auch zusätzlich fixiert werden, um ein Verschieben des Meßstreifens (1) innerhalb der Trägerfolie (3) während des Applizierens zu verhindern. Dies kann beispielsweise durch den Lack geschehen, der für die Isolation der Spiralspulen aufgebracht wird.

Fig. 3 zeigt eine abgewandelte Ausführungsform des magnetoelastischen Dehnungsmeßstreifens. Er enthält zwei transformatorisch gekoppelte Spulenpaare (2a)–(2b) und ist damit eine Verdopplung des in Fig. 1 dargestellten Dehnungsmeßstreifens. Die magnetische Kopplung erfolgt jedoch nur durch einen einzigen Meßstreifen (1), der durch das Trägermaterial (3) geflochten wird. Dieses Durchflechten geschieht in dem Richtungssinn, daß der Meßstreifen (1) an den beiden Meßstellen, die jeweils zwischen der Erregerspule (2a) und der Sensorspule (2b) liegen, direkt auf der Bauteiloberfläche appliziert werden kann. Die Verwendung von 2 Primärspulen (2a), wie im Patentanspruch 4 ausgeführt, ermöglicht, daß der durch das Trägermaterial geflochtene Meßstreifen (1) an beiden Meßstellen direkt über der Bauteiloberfläche liegt. Für die magnetische Erregung der zwei Teilsysteme (2a)–(2b) würde sonst auch eine einzige Primärspule genügen. Die Sensorspulen (2b) bilden mit dem Meßstreifen eine Differentialanordnung, so daß nur gegensinnig auftretende Dehnungen an den Meßstellen zu einer Ausgangssignaländerung führen. Gleichsinnig wirkende Störeinflüsse werden so kompensiert. Damit eignet sich diese Bauform für die Applikation auf der Oberfläche eines Doppelbiegebalkens, wie er häufig für den Bau von Kraftsensoren angewendet wird. Die biegeweichen Dehnstellen des Doppelbiegebalkens müssen im Bereich zwischen Erregerspule (2a) und Sensorspule (2b) liegen. Die beiden Erregerspulen (2a) sind in Reihe geschaltet. Wenn ein Offsetabgleich vorgesehen werden soll, müssen sie von getrennten Stromkreisen gespeist werden.

Die Lötstützpunkte (8) bilden das Anschlußpaar für die in Reihe geschalteten Primärspulen (2a). Die Lötstützpunkte (9) bilden das Anschlußpaar für die in Differentialanordnung verschalteten Sekundärspulen (2b). Die Anschlußpaare (8) und (9) sind an beiden Enden des magnetoelastischen Dehnungsmeßstreifens verfügbar.

Der Vorteil dieser in Fig. 3 ausgeführten Bauform besteht darin, daß die Differentialanordnung mit nur einem Meßstreifen (1) realisiert werden kann. Dadurch wird die Symmetrie der Meßstellen günstig beeinflusst. Da die Spiralspulen selbst und die geometrische Anordnung der Spiralspulen untereinander fertigungsbedingt nur geringste Toleranzen aufweisen, kann die Symme-

trie nur noch durch den Fügevorgang des Meßstreifens auf die Bauteiloberfläche beeinträchtigt werden. Das Verhältnis von Länge zu Querschnitt des Meßstreifens ist bei der Verwendung eines einzigen Meßstreifens ebenfalls günstiger, als es bei der Realisierung der Differentialanordnung mit zwei getrennten Meßstreifen bei gleicher Baugröße möglich wäre.

Fig. 4 zeigt die elektrische Verschaltung der Spiralspulen auf dem Dehnungsmeßstreifen, wie er in Fig. 3 dargestellt ist für zwei nach dem Differentialprinzip wirksame Meßstellen. Am Anschlußpaar (8) erfolgt die Stromspeisung der in Reihe geschalteten Primärspulen (2a). Am Anschlußpaar (9) liegt die Differenz der Spannungen vor, die an den Sekundärspulen (2b) induziert werden. Die magnetische Kopplung der zwei Spulenpaare (2a)–(2b) wird durch die mechanische Dehnung Epsilon im Meßstreifen (1) beeinflusst. Nur gegensinnige Dehnungen bewirken eine Änderung der Ausgangsspannung am Anschlußpaar (9), so daß der Einfluß von symmetrischen Störeinflüssen, z. B. Temperaturdehnung, kompensiert wird.

Patentansprüche

1. Magnetoelastischer Dehnungsmeßstreifen zur Erfassung von Dehnungen auf Bauteiloberflächen, bestehend aus wenigstens einem magnetoelastischen Meßstreifen und wenigstens einer photolithographisch hergestellten ("gedruckten") Spiralspule, die mit dem Meßstreifen elektromagnetisch gekoppelt ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßstreifen (1) aus amorphem, ferromagnetischem Material hergestellt ist, daß im wesentlichen bandförmiges Material mit großem Verhältnis von Länge zu Querschnittsfläche für den Meßstreifen (1) Anwendung findet, daß der Meßstreifen (1) und die Spiralspule (2) eine induktive Meßeinheit bilden, die im Verbund auf einer Bauteiloberfläche appliziert wird und damit Lageabweichungen zwischen Meßstreifen und Spiralspule ausschließt.
2. Magnetoelastischer Dehnungsmeßstreifen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetische Kopplung von Meßstreifen (1) und Spiralspule (2) dadurch gegeben ist, daß der Meßstreifen (1) von einer Oberfläche des Trägermaterials (3) durch das Zentrum der Spiralspule (2) zur gegenüberliegenden Oberfläche durchgeführt wird.
3. Magnetoelastischer Dehnungsmeßstreifen nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei transformatorischer Kopplung von Spiralspulen (2) über den Meßstreifen (1) mehrere Meßsorte z. B. in einer Differentialanordnung mit einem einzigen Meßstreifen (1) ausgewertet werden.
4. Magnetoelastischer Dehnungsmeßstreifen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen zwei Meßsorten zwei Primärspulen angeordnet werden.
5. Magnetoelastischer Dehnungsmeßstreifen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Durchführen des Meßstreifens (1) durch die Spiralspulen in dem Richtungssinn vollzogen wird, daß der Meßstreifen (1) sich am Meßort unmittelbar über der Bauteiloberfläche befindet. Das Trägermaterial (3) liegt somit am Meßort

nicht zwischen Meßstreifen (1) und der Bauteiloberfläche.

6. Magnetoelastischer Dehnungsmeßstreifen nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen Spiralspule (2) und Meßstreifen (1) eine Isolationsschicht (4) befindet.

7. Magnetoelastischer Dehnungsmeßstreifen nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiralspule (2) einlagig ausgeführt und einseitig auf dem Trägermaterial (3) angeordnet ist.

8. Magnetoelastischer Dehnungsmeßstreifen nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiralspule (2) zweilagig ausgeführt, getrennt durch eine Isolationsschicht und einseitig auf dem Trägermaterial (3) angeordnet ist.

9. Magnetoelastischer Dehnungsmeßstreifen nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiralspule (2) zweilagig ausgeführt und getrennt durch das Trägermaterial (3) angeordnet ist.

10. Magnetoelastischer Dehnungsmeßstreifen nach einem der Ansprüche 1, 2, 8 und 9, dadurch gekennzeichnet,

daß die zwei Lagen der Spiralspule (2) jeweils in Reihe geschaltet sind über eine Durchkontaktierung im Spulenzentrum,

daß der Richtungssinn der Wicklungen der zwei Lagen so angeordnet ist, daß die magnetischen Flüsse der zwei Lagen sich im Spulenkern addieren.

11. Magnetoelastischer Dehnungsmeßstreifen nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Kontaktierung des inneren Endes einlagig ausgeführter Spiralspulen über eine elektrisch leitende Verbindung zwischen Spiralspule (2) und Meßstreifen (1) hergestellt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

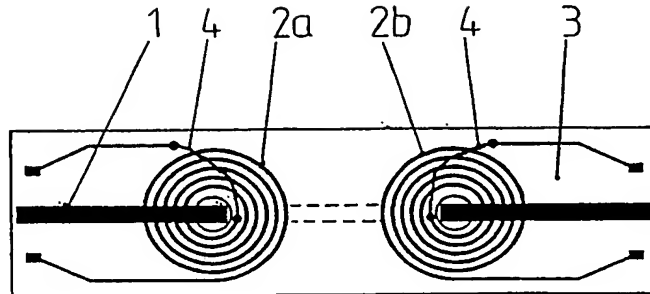


FIG. 2

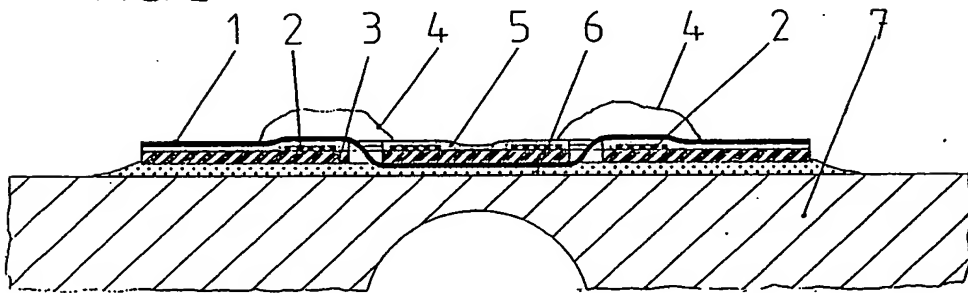


FIG. 3

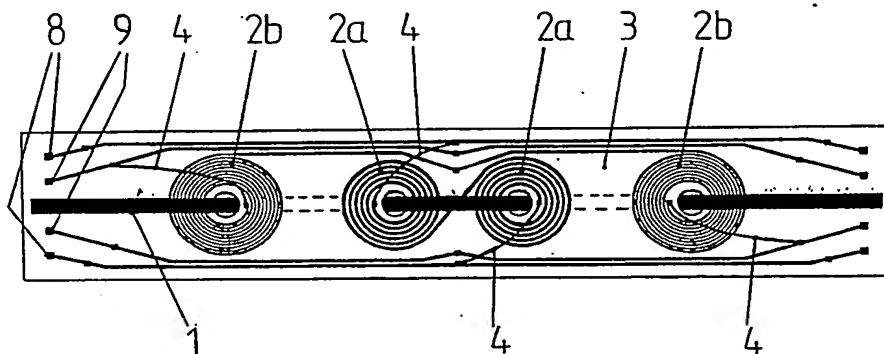


FIG. 4

